

A szuperfoszfát tartamhatásának vizsgálata őszibúza-monokultúrában.

I. Talajvizsgálati és szemtermés-eredmények

KÁDÁR IMRE, CSATHÓ PÉTER és SARKADI JÁNOS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A földművelésünk jelenlegi viszonyai között Európa legtöbb országában, így hazánkban is országos átlagban több foszfor kerül a talajba, mint amennyit a természettel a talajból kivonunk. Számítások szerint pl. Magyarországon az elmúlt évtized folyamán megközelítően kétszer annyi foszfor jutott a talajba különböző trágyákkal, mint amennyit a betakarított termések tartalmaztak [6, 7, 11]. A növények által fel nem vett P a talajban akkumulálódik, növelve annak nemcsak összes, hanem könnyen oldható tápanyagtartalmát is. A MÉM NAK által végzett újabb talajvizsgálati eredmények arra utalnak, hogy könnyen oldható foszfortartalmuk alapján talajaink 2/3-a ma már jól, ill. jó-közepesen ellátott foszforral.

A fentiekből adódóan új megvilágításba kerül a talajok foszforszolgáltató képességének kérdése. Mind elméleti, mind gyakorlati szempontból egyre fontosabbá válik a talajba került műtrágyák utóhatásának, értékcsökkenésének, fixációjának vizsgálata. A P-hatás és -utóhatás, valamint kölcsönhatásuk vizsgálatát, a „rég” és az „új” P egyenértékűségének tisztázását azonban számos módszertani körülmény nehezíti, és ez az irodalomban fellelhető munkákból is kitűnik. Mint ismeretes, a műtrágyahatásokat, ill. a termés nagyságát a talaj P-tartalmán kívül számos más tényező (talaj, éghajlat, agrotechnika, elővetemény, fajta, alaptrágyázás színvonala stb.) is befolyásolja, és e tényezők kiszűrése nélkül nem lehet ezeket az összefüggéseket szabatosan vizsgálni.

Metodikailag tehát olyan kísérleti körülmények biztosítása a cél, ahol lehetőleg minden műtrágyahatást befolyásoló tényező változatlan szinten tartható, kivéve a talaj P-tartalma. Tekintve, hogy mind a tenyészedény-kísérletek, mind a ^{32}P módszere jelentős korlátokkal terhelt ilyen irányú vizsgálatok során, szabadföldi tartamkísérletben kezdtük el a problémák tanulmányozását. Választ kerestünk arra is, hogy a talaj P-ellátottsága milyen hatással van az évenkénti termésingadozásokra? Hogyan alakulnának az őszi búza hozamai, amennyiben a különböző P-ellátottságú talajon megszüntetnénk a P-trágyázást, milyen mérvű terméscsökkenéssel számolhatunk az évek során? A hatások és utóhatások szabatosabb megfigyelése érdekében a növényfajt nem változtattuk. Korábbi tapasztalataink szerint az őszi búza jól kielégítheti a tesztnövényvel szembeni követelményeket és a vizsgált mészlepedékes csernozjom

talajon több éven át monokultúrában is sikerrel termesztethető [5, 12]. Jelen közleményünkben a talajvizsgálati- és a szemtermés adatok bemutatására szorítókunk.

Anyag és módszer

Szabadföldi tartamkísérletünket 1972 őszén állítottuk be az MTA Talajtani és Agrokémiiai Kutató Intézete Nagyhörcsöki Kísérleti Telepén. A kísérleti terület az Alföld nagytájának Dunántúlra eső Mezőföld tájában helyezkedik el, mégpedig a Nyugat-Mezőföld „Bozót—Sárvíz közti löszhát” geomorfológiai tájrészében, mintegy 140 m tengerszint feletti magasságban. Talajképző kőzete az elég tekintélyes vastagságú lösz, mely helyenként a 15—20 m-t is eléri. Hidrológiai és éghajlati viszonyai, kevésbé felhős időjárása, több napsütése, nagyobb hőmérsékleti ingadozása, viszonylagos csapadékszegénysége, nyári időben aszályosságra való hajlama a Nagyalföld tájaihoz teszi hasonlóvá.

A talaj szántott rétege 5% körüli CaCO_3 -ot és 3% humuszt tartalmaz. A MÉM NAK által végzett talajvizsgálatok szerint a pH_{KCl} : 7,4; $\text{AL-P}_2\text{O}_5$: 60—80 ppm; $\text{AL-K}_2\text{O}$: 120—140 ppm; KCl-Mg : 120—150 ppm; EDTA-Mn : 100—150 ppm; EDTA-Zn : 1—2 ppm; EDTA-Cu : 2—4 ppm. A hazánkban elfogadott módszerek és ellátottsági határértékek alapján ezek az adatok az eredeti talaj igen jó Mn-, kielégítő Mg- és Cu-, közepes N- és K-, valamint gyenge P- és Zn-ellátottságáról tanúskodnak.

Műtrágyaként 25—28%-os pétisót, 40—60%-os kálisót és 18%-os szuperfoszfátot alkalmaztunk. A P- és K-műtrágyákat, valamint a N felét őszzel szántás előtt, míg a N másik felét tavasszal fejtrágyaként juttattuk a talajba. Az alaptrágyázás szintje N: 200, K_2O : 100 kg/ha volt. Előveteményül 5 éves lucerna szolgált. A kísérletet 9 P-kezeléssel, 12 ismétlésben, összesen 108 parcellával állítottuk be. A parcellák bruttó mérete $11 \times 3,5 = 38,5 \text{ m}^2$. A nettó parcella területe $11 \times 2 = 22 \text{ m}^2$ volt.

A kísérlet trágyázási tervét az 1. táblázat szemlélteti. A 9 P-kezelés tulajdonképpen egy 0, 40, 80, 120 kg/ha P_2O_5 adagú 4 lépcsős „kis” P-hatásgörbét, valamint egy 0, 120, 240, 360, 480, 600, 720 kg/ha P_2O_5 adagú „nagy” P-hatásgörbét foglal magában. Az 1972 őszén így kialakított P-szintek képezték az utóhatás-kísérletet. Ahhoz, hogy a műtrágya értékcsökkenését szabatosan megfigyelhessük az idő függvényében, — tehát pl. a 2, 4, 6, 8 stb. éves, talajban maradt szuperfoszfát egyenértékét megállapíthassuk —, 2 évenként új P-kísérletet indítunk, a „kis” P-hatásgörbék segítségével. Erre az utóhatás-kísérlet ismétléseit használjuk fel. A P-kezelések száma így 1990-re 36-ra növekszik majd, míg az ismétlések száma fokozatosan minden kezelésben 3-ra csökken.

A kísérlet főbb agrotechnikai adatait a 2. táblázatban foglaltuk össze. Korábbi megfigyeléseink szerint is őszbúza-monokultúrában a kártevők és betegségek (hesseni légy, fuzárium, lisztharmat stb.) erősen felléphetnek, különösen a csapadékosabb években. Bár a fertőzés itt az egész kísérletben jelentkezett, elsősorban mégis a P-hiányos, N-nel és K-mal egyoldalúan műtrágyázott parcellák növényállományában okozott nagyobb kárt. A fertőzések csökkentése érdekében ezért aratás után a tarlót a szalmatermással együtt rendszeresen felégettük. Többek között ennek is köszönhető, hogy általában elfogadható terméseket kaphattunk még a monokultúra 6—8. éveiben is. Szükség szerint vegyszeres gyomirtásra és talajfertőtlenítésre is sor került, így a P-

1. táblázat

A kísérletben alkalmazott kezelések, ill. a trágyázási terv, P_2O_5 kg/ha

(1) Feltöltő trágyázás, 1972 ősz	(2) Fenntartó, ill. friss trágyázás szintje				(3) Év
	0	1	2	3	
—	—	40	80	120	1974 őszén
40	—	40	80	120	1976 őszén
80	—	40	80	120	1978 őszén
120	—	40	80	120	1980 őszén
240	—	40	80	120	1982 őszén
360	—	40	80	120	1984 (tervezett)
480	—	40	80	120	1986 (tervezett)
600	—	40	80	120	1988 (tervezett)
720	—	40	80	120	1990 (tervezett)

2. táblázat

A kísérlet főbb agrotechnikai adatai

(1) Vetés ideje	(2) Fajta	(3) Talajfertőtlenítés növényvédelem	(4) Aratás ideje
1972. okt. 12.	Kiszombori	—	1973. júl. 6.
1973. okt. 4.	Kavkaz	Hungária L—7, Thionex 50 WP	1974. júl. 22.
1974. nov. 2.	Kavkaz	Basudin 5G, Dikotex 40 EC	1975. júl. 15.
1975. okt. 10.	Kavkaz	—	1976. júl. 15.
1976. szept. 24.	Mv—4	Dikotex 40 EC, PP Mil-Col	1977. júl. 12.
1977. okt. 6.	Mv—5	Banvel M, PP Mil-Col	1978. júl. 14.
1978. okt. 10.	Rana—1	—	1979. júl. 7.
1979. okt. 5.	Mv—4	Banvel M	1980. júl. 29.

Megjegyzés: A kelésidő átlagosan 10–12 nap volt. Minden évben az aratást követően tarló- és szalmaégetés történt.

kontrollparcellák ritkább állománya sem vált erősebben gyomossá. A monokultúra sikeres fenntartása érdekében több esetben fajtacseréhez folyamodtunk. A vetés, növényápolás, betakarítás az üzemekben szokásos agrotechnikával történt.

A kísérleti telep csapadékvizonyait, valamint a közelben fekvő Sárbogárdon mért 50 éves átlagokat a 3. táblázat mutatja be. Az adatokból megállapítható, hogy az átlagosnál szárazabb évek voltak 1973-ban, 1976-ban és 1979-ben mind a tenyészidő egésze alatt lehullott csapadék mennyisége, mind a kritikusnak tekinthető IV., V., VI. hónapok hozamai alapján. Az átlagosnál nedvesebb éveknek az 1974. és 1975. évek minősíthetők. A legszárazabb, 1979-es gazdasági évben kevesebb mint fele annyi csapadék hullott, mint a legnedvesebb, 1975-ös gazdasági évben. A havi átlagos hőmérsékletek arról tanúskodnak, hogy a legmelegebb (21,1 °C) június éppen a legszárazabb évben, 1979-ben fordult elő, míg a leghidegebb június (16,6 °C) a viszonylag nedvesebb 1974-ben.

3. táblázat

A kísérleti telep csapadékeloszlása (mm) 1972—1980 között

(1) Hónap	1972 – 1973	1973 – 1974	1974 – 1975	1975 – 1976	1976 – 1977	1977 – 1978	1978 – 1979	1979 – 1980	(2) 50 évi átlag
Okt.	25	35	208	70	99	16	33	27	53
Nov.	83	39	35	22	47	79	11	74	57
Dec.	1	90	41	30	49	26	48	68	42
a) 3 havi összes	109	164	283	122	195	121	92	169	152
Jan.	26	37	18	25	30	8	66	33	34
Febr.	35	55	9	4	63	24	48	19	36
Márc.	11	12	36	44	52	36	13	22	37
3 havi összes	72	104	63	73	145	68	127	74	107
Ápr.	60	34	39	56	35	42	50	53	48
Máj.	—	93	86	20	49	75	10	41	64
Jún.	136	131	147	37	40	119	50	63	61
3 havi összes	196	258	272	113	124	236	110	157	173
Júl.	50	50	104	39	33	107	44	31	54
Aug.	30	82	182	77	62	10	65	71	55
Szept.	43	98	41	95	36	31	19	22	49
3 havi összes	123	230	327	211	131	148	128	124	158
b) 12 havi összes	500	756	945	519	595	573	457	524	590

Aratás után, a tarlóhántást követően a nettó parcellák szántott rétegéből 20—20 pontminta egyesítésével évente átlagmintákat vettünk, melyekben szárítás és homogenizálás után megállapítottuk a könnyen oldható P-tartalmat AL-módszerrel [13].

Terméselemzés céljaira aratás előtt, teljes érésben, a nettó parcellákon 4—4 folyóméter felhasználásával növénymintákat vettünk minden évben. A bokrosodás vége—szárbaindulás eleje fejlődési stádiumban, 1976-ban és 1977-ben, hasonló módon növényi mintavételre került sor, hogy a diagnosztikai növényelemzés módszerével is megítélhessük a trágyahatásokat, ill. jellemezhessük a tápanyagfelvételt. A növények tápelemtartalmát kénsav-peroxidos roncsolással határoztuk meg [14].

Eredmények

1. Műtrágyázás hatása a talaj könnyen oldható P-tartalmára

Amint a 4. táblázatból megállapítható, a P-műtrágyázás hatására a trágyázást követő, 1973. évben a legnagyobbak a változások. A MÉM NAK [10] határértékei szerint e talajon 50—90 ppm között gyenge, 90—150 ppm között közepes, 150—250 ppm közötti AL-P₂O₅-tartalomnál pedig jó foszforellátottságról beszélhetünk. A trágyázatlan parcellák talaja tehát a gyenge ellátottsági tartomány felső harmadából mintegy 200—300 kg/ha P₂O₅ adaggal a közepes, míg a 400—500 kg/ha P₂O₅ adaggal a megfelelő, ill. jó ellátottsági kategória felső harmadába került az első év után. A szántással beforgatott műtrágya-P gyakorlatilag teljes mennyisége kimutatható volt a szántott rétegben AL-oldható formában. A talaj Al-oldható P-tartalmának 10 ppm-

4. táblázat

A kísérleti parcellák könnyen oldható P-tartalmának változása a szántott rétegben

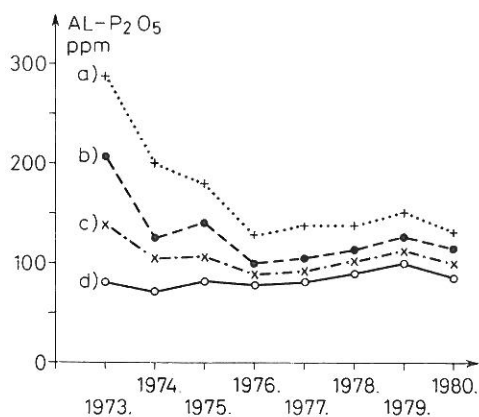
(1) P ₂ O ₅ kg/ha 1972 őszén	(2) AL-P ₂ O ₅ , ppm, az aratást követően									SzD _{5%}
	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
—	70	80	71	82	79	81	90	102	86	14
40	72	99	85	86	78	81	93	108	90	
80	66	95	76	85	74	74	93	104	95	
120	68	105	87	90	76	76	93	100	94	
240	75	137	104	106	89	90	102	112	98	
360	72	194	123	120	94	100	111	116	104	17
480	70	206	124	140	101	104	114	126	114	
600	69	246	140	158	116	121	130	134	121	
720	71	284	199	180	128	136	136	150	131	
720—0	—	204	128	98	49	55	46	48	45	
a) SzD _{5%}	9	30	27	12	8	13	17	8	10	7
b) Átlag	70	161	112	116	93	96	107	117	104	

mel való növekedéséhez, a 0—25 cm talajréteget figyelembe véve mintegy 30—40 kg/ha P₂O₅ szükséges.

Az évek során azonban az AL-módszerrel kimutatott könnyen felvehető P-többletek csökkennek a talajban, a viszonylagos egyensúly a trágyázást követő 3—4. évben áll be. A talajba vitt műtrágya-P egy része szántással és más módon a mélyebb rétegekbe kerülhet, ill. egy része az AL-módszerrel ki nem mutatható frakciókba épülhet be. Az egyensúly beálltát követően átlagosan mintegy 100 kg/ha körüli műtrágya-P₂O₅ szükséges már ahhoz, hogy a talaj szántott rétegének AL-P₂O₅-

tartalmát 1 mg%-kal, azaz 10 ppm-mel növelhessük. Ebből adódóan ahhoz, hogy egy P-ral gyengén ellátott meszes csernozjom talajt tartósan a közepes, illetve a jó ellátottsági kategóriába juttassunk, azaz egy-egy ellátottsági kategóriát emeljünk, megközelítően 500—500 kg/ha összes P₂O₅-felhasználásra van szükség.

Fontos tényező lehet tehát a trágyázás kora, ideje. A talajban akkumulált tápanyagok értéke a műtrágya-egyenértékük alapján becsülhető. Így lehetőségünk van a talaj értékének megállapításánál a benne rejlő, műtrágya formájában akkumulált holt tőke mennyiségi viszonyait is figyelembe venni talajvizsgálatokkal. Megemlíthető, hogy korábban az ország több talajtípusán végzett szabadföldi feltöltő trágyázási kísérle-



1. ábra

A talaj AL-P₂O₅-tartalmának változása a kísérlet első 8 éve alatt. a) 720 kg/ha; b) 480 kg/ha; c) 240 kg/ha; d) 0 kg/ha P₂O₅ 1972 őszén

teinkben hasonló eredményre jutottunk a talajok AL-módszerrel megállapított könnyen oldható P-tartalmának emelését illetően: a legtöbb vizsgált talajon mintegy 500 kg/ha körüli műtrágya- P_2O_5 volt szükséges ahhoz, hogy az ellátottsági tartomány egy kategóriával emelkedjék. A K esetében ennek közel a kétszerese [8].

A jobb áttekintés és szemléletesség kedvéért az 1. ábrán csak az 1972-ben 0, 240, 480, valamint 720 kg/ha P_2O_5 -adagot kapott parcellák AL- P_2O_5 -tartalmának változását mutatjuk be. Azon túlmenően, amit az adatok táblázatos közlésénél elmondunk, megállapítható, hogy az évek között is változások vannak a tápanyagtartalomban. Így pl. 1976. évet követően a tápanyagtartalmak trendje 1979-ig növekvő, beleértve a trágyázásban nem részesült kontrollparcellák talaját is.

2. Műtrágyázás hatása az őszi búza szemtermésére

Az 1972 őszen végzett feltöltő P-műtrágyázás hatását a szemtermések alakulására az 5. táblázatban tanulmányozhatjuk. A kísérlet indulási évében, 1973-ban a termés már a 40–80 kg/ha adagoknál tetőzött, és az ennél nagyobb P-adagok

5. táblázat

Az alap foszforműtrágyázás hatása az őszi búza szemtermésére. Utóhatások

(1) P_2O_5 kg/ha 1972 őszen	1972 – 1973	1973 – 1974	1974 – 1975	1975 – 1976	1976 – 1977	1977 – 1978	1978 – 1979	1979 – 1980	(2) Átlag
A. Szemtermés, t/ha									
–	3,82	5,83	1,37	2,07	2,91	3,74	1,53	4,78	3,26
40	4,34	6,22	2,92	2,55	3,10	4,00	1,60	4,75	3,69
80	4,33	6,33	3,32	2,85	3,10	4,43	1,60	4,54	3,81
120	4,09	6,67	3,74	3,11	3,25	4,76	1,71	4,85	4,02
240	3,78	6,70	4,31	3,82	4,07	5,33	1,91	5,27	4,40
360	3,64	6,72	4,46	4,36	4,33	5,63	2,10	5,70	4,62
480	3,58	6,78	4,51	4,65	4,26	5,67	2,46	5,81	4,72
600	3,66	6,68	4,34	4,56	4,62	5,51	2,48	6,10	4,74
720	3,50	6,37	4,64	4,87	4,52	5,52	2,64	6,36	4,80
a) SzD _{5%}	0,22	0,26	0,45	0,34	0,50	0,42	0,23	0,32	0,13
b) Átlag	3,86	6,48	3,73	3,65	3,80	4,95	2,00	5,35	4,23
B. Százalékos szemtermés									
–	100	100	100	100	100	100	100	100	100
40	114	107	213	123	107	107	105	99	113
80	113	109	242	138	107	118	105	95	117
120	107	114	273	150	112	127	112	101	123
240	99	115	315	185	140	143	125	110	135
360	95	115	326	211	149	151	137	119	142
480	94	116	329	225	146	152	161	122	145
600	96	115	317	220	159	147	162	128	145
720	92	109	339	235	155	148	173	133	147
SzD _{5%}	6	5	33	17	17	11	15	7	6
Átlag	101	111	273	176	131	133	131	112	130

terméscsökkenést okoztak. A Kiszombori fajta megdőlt, a magasabb P-szinteken képződött nagyobb és súlyosabb kalászatokat a gyenge szárszilárdságú fajta nem volt képes kihordani. A következő, 1974-es évben már a 120, 1975-ben a 240, 1976-ban és ezt követően pedig általában a 360 kg/ha P_2O_5 és azt meghaladó P-trágyázás kedvező utóhatása is érvényesült, a termésgörbék az egyre magasabb P-szinteken laposodtak el. A 8 év átlagában a legnagyobb hozamot a legnagyobb trágyaadag biztosította. A trágyahatások minden évben erősen szignifikánsak voltak.

A trágyahatások elemzését és áttekintését az egyes években megkönnyítendő, a hozamokat a kontroll %-ában is kifejeztük. A legnagyobb trágyahatásokat, abszolút termésben és %-osan is, a csapadékosabb 1975-ben kaptuk. A Kavkaz fajta megdőlést nem mutatott, azonban a 3. és 4. éves monokultúrában, fajtacsere nélkül vetve, elsősorban a P-kontrollparcellákon kiritkult, és szemmel láthatólag érzékenyebbé vált a gombabetegségekre, hozama a parcellákon erősen lecsökkent, különösen az igen esős 1975. évben. A talaj javuló P-ellátottsága a szemtermés hozamát 1974-ben 10–15, míg az 1975. évben 200–230, 1976-ban 120–130%-kal növelte a fajtánál. Az ezt követő években a terméstöbbletek csökkenő trendet mutatnak, átlagosan 50% körüliek. A 8 év átlagában a legnagyobb P-szinteken 42–47% többletek jelentkeztek (5. táblázat).

Az 5. táblázat adataiból az is kitűnik, hogy az ún. kis hatásgörbe 6 éven át, 1978-ig nyomon követhető a termésátlagok növelésében, azonban az évek ezeket az utóhatásokat is erősen befolyásolják. A 6. táblázatban a 2 évenként újonnan adott kis P-adagok hatásait tanulmányozhatjuk. A trágyázatlan kontroll %-ában kifejezett hozamok arra utalnak, hogy az évekkel a terméstöbbletek általában csökkennek, míg az adagokkal nőnek. Ahhoz azonban, hogy a régi P utóhatását a frissen adott P hatásában fejezzük ki, és így a talajban maradó P értékcsökkenését megbecsüljük, figyelembe kell vennünk a növény által felvett P mennyiségét is. A talajba juttatott, és a növény által felvett P különbsége, a P-mérleg alapján nyílnak erre majd módunk. Az egyes évek trágyahatást módosító befolyása miatt a régi és az új P egyenértékének többé-kevésbé megbízható összevetése azonban csak hosszabb időtartam alapján lehetséges.

3. A talaj P-ellátottságának hatása az őszi búza termésingadozására

Meglehetősen régi keletű megfigyelés, hogy a termékenyebb talajokon kisebbek az évenkénti termésingadozások, és nagyobb a növények ellenállóképessége a környezet egyéb kedvezőtlen hatásaival szemben [2]. Az utóbbi években látványosan nőttek a kalászosok hozamai Magyarországon. Kérdés azonban, hogy az évenkénti termésingadozások hogyan változtak? Általában megfigyelhető, hogy sem a túl csapadékos, sem a túl száraz években nem kapunk kiemelkedő hozamokat. Ez a jelenség részben a túl nedves években nagyobb mértékben fellépő szártőbetegségekkel magyarázható [1, 4, 9].

A kiegyensúlyozott táplálás, különösen a foszforellátás bizonyos fokig ellensúlyozhatja a termésingadozásokat, az aszály hatását [3, 9]. Megvizsgáltuk az őszi búza szemtermésének ingadozását az egyes években monokultúrában 1973–80 között, és tájékoztató jelleggel közöljük az őszi búza Fejér megyei, valamint országos átlagainak abszolút és relatív szórását ebben az időszakban. A 9 kezelésből a gyenge

6. táblázat

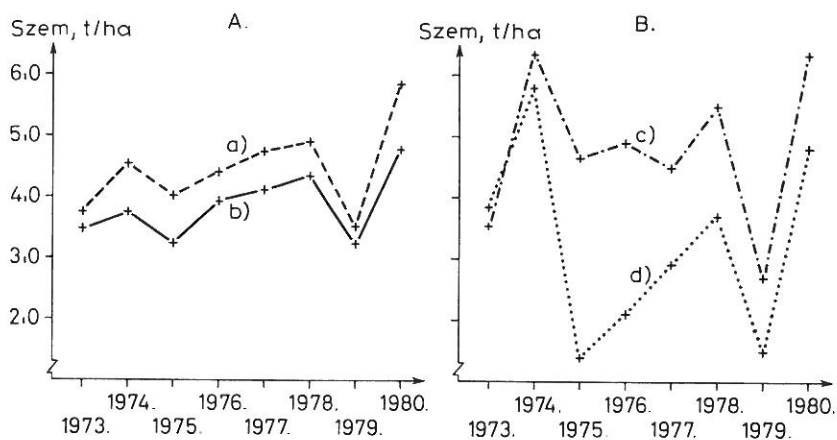
**Az új foszforműtrágyázás hatása az őszi búza szemtermésére.
Hatások és utóhatások**

(1) Évek	(2) Friss P ₂ O ₅ kg/ha						(5) Megjegyzés
	0	40	80	120	(3) SzD _{5%}	(4) 40 – 120 átlaga	
A. Szemtermés t/ha							
b) 1972 őszen adott P ₂ O ₅ = 0 kg/ha							
1975	1,37	2,70	2,62	2,95	1,00	2,75	1. éves hatás
1976	2,07	2,49	2,84	3,80	0,85	3,04	2. éves hatás
1977	2,91	2,99	3,00	3,80	1,13	3,26	3. éves hatás
1978	3,74	4,28	4,12	4,69	0,97	4,36	4. éves hatás
1979	1,53	1,89	1,78	2,00	0,49	1,89	5. éves hatás
1980	4,78	4,59	4,72	4,97	0,76	4,76	6. éves hatás
a) Átlag	2,73	3,16	3,18	3,70	0,36	3,34	
1972 őszen adott P ₂ O ₅ = 40 kg/ha							
1977	3,10	3,33	4,38	4,15	1,13	3,95	1. éves hatás
1978	4,00	4,57	5,31	5,41	0,97	5,09	2. éves hatás
1979	1,60	1,81	2,18	2,32	0,49	2,10	3. éves hatás
1980	4,75	4,59	4,96	5,46	0,76	5,00	4. éves hatás
Átlag	3,36	3,58	4,21	4,34	0,44	4,03	
1972 őszen adott P ₂ O ₅ = 80 kg/ha							
1979	1,60	2,59	2,53	2,89	0,49	2,67	1. éves hatás
1980	4,54	5,46	5,80	5,99	0,76	5,75	2. éves hatás
Átlag	3,07	4,02	4,16	4,44	0,45	4,21	
B. Százalékos szemtermés							
1972 őszen adott P ₂ O ₅ = 0 kg/ha							
1975	100	197	191	215	73	201	1. éves hatás
1976	100	120	137	184	41	147	2. éves hatás
1977	100	103	103	131	39	112	3. éves hatás
1978	100	114	110	125	26	116	4. éves hatás
1979	100	124	116	131	32	123	5. éves hatás
1980	100	96	99	104	16	99	6. éves hatás
Átlag	100	116	116	136	13	122	
1972 őszen adott P ₂ O ₅ = 40 kg/ha							
1977	100	107	141	134	37	127	1. éves hatás
1978	100	114	133	135	24	127	2. éves hatás
1979	100	113	136	145	31	131	3. éves hatás
1980	100	97	104	115	16	105	4. éves hatás
Átlag	100	107	125	129	13	120	
1972 őszen adott P ₂ O ₅ = 80 kg/ha							
1979	100	162	158	181	31	167	1. éves hatás
1980	100	120	128	132	17	127	2. éves hatás
Átlag	100	130	136	145	15	137	

(P_0), a közepes (P_{360}) és a jó (P_{720}) ellátottságot emeltük ki a tendenciák bemutatásának céljából. Egyetlen termőhelyen végzett monokultúras kísérlet eredményei természetszerűleg, abszolút értelemben nem hasonlíthatók össze a megyei vagy országos adatokkal. Mégis megfelelőnek tekintettük ezt az összevetést arra, hogy a monokultúras termesztés instabilitását érzékeltessük, valami állandóbb és stabilabb ponthoz viszonyítsuk (7. táblázat).

A 7. táblázat adataiból megállapítható, hogy a P-ral kielégítően ellátott talajon monokultúrában mind az abszolút szórás, mind a relatív szórást jellemző CV% és a maximális/minimális termések hányadosai lecsökkennek a P-ral gyengén ellátott kezelésekhez képest. A megyei átlag abszolút szórása mintegy a fele, míg az országos átlagoké az 1/3-a a foszforral gyengén ellátott monokultúras parcellákénak. A termések hányadosai lényegében jól követik a CV%-os értékeit. A 2. ábrán az évenkénti termésátlagokat is feltüntettük, melyek igen szemléletesen mutatják be a foszforral gyengén és jól ellátott talajon elért búzatermés instabilitását és a megyei, ill. országos átlagok stabilabb trendjeit.

Mint ismeretes, a századfordulótól az 50-es évek közepéig az országos búzatermésátlagok lényegében stagnáltak, ezek szórását külön vizsgálni nem indokolt. Ezt követően, részben az intenzív műtrágyázás bevezetése nyomán, a termések egyre gyorsuló ütemben nőttek. Megvizsgáltuk ezért az 1956—1980 közötti 25 esztendőben az őszi búza országos termésátlagainak ingadozását az ötéves szakaszok függvényében. A 7. táblázatból megállapítható, hogy a növekvő hozamokkal a termésátlagok évenkénti abszolút szórása nem csökkent, hanem inkább nőtt, különösen a 70-es években. A relatív szórást jellemző CV%-ok ugyanakkor csökkenő tendenciát mutatnak. A rendkívül száraz 1976. és 1979. évek alacsony hozamai is hozzájárulhattak ahhoz, hogy mind a CV%-ok, mind a maximális/minimális termések hányadosai megemelkedtek az 1976—1980 közötti időszakban, az ezt megelőző 20 év adatai azonban a növekvő hozamok csökkenő relatív termésszórását látszanak alátámasztani.



2. ábra

Az őszi búza szemtermésének alakulása 1973—1980 között. A. Fejér megyei (a) és országos (b) átlagokban. B. Mészlepedékes csorno (Nagyhőrcsök); c) 720 kg/ha, d) 0 kg/ha P_2O_5 1972 őszi

7. táblázat

Az őszi búza terméshingadozása monokultúrában, összehasonlítva a megyei és országos átlagokkal 1973—1980, ill. 1956—1980 között

(1) Terméshingadozás jellemzői	(2) 1973 – 1980 között, 8 éves átlagok					(9) 1956 – 1980 között, 5 éves országos átlagok				
	(3) A P-ellátottság monokultúrában			(7) Me- gyei	(8) Or- szágos	1956 – 1960	1961 – 1965	1966 – 1970	1971 – 1975	1976 – 1980
	(4) gyen- ge	(5) köze- pes	(6) jó	átlag						
a) 8, ill. 5 éves átlag, t/ha	3,26	4,62	4,80	4,32	3,83	1,50	1,86	2,42	3,32	4,05
b) szórás, t/ha	1,58	1,42	1,30	0,75	0,53	0,21	0,22	0,26	0,29	0,55
c) CV%	48,6	30,7	27,1	17,3	13,8	13,8	11,9	10,8	8,7	13,6
d) maximális/mi- nimális hozam hányadosa	4,3	3,2	2,4	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,5

* 1951—1955 között: szórás t/ha = 0,24; CV% = 16,3

Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom talajon vizsgáltuk a szuperfoszfát-műtrágya tartamhatását 1973—1980 között, őszi-búza-monokultúrában. Az I. termőhelyi kategóriába tartozó kísérleti terület talaja foszforral gyengén, káliummal közepesen ellátott volt. Évenkénti 200 kg/ha N és 100 kg/ha K₂O adagolásával biztosítottuk az alaptrágyázás szintjét. Az 1972. év őszi szántást 0—40—80—120—240—360—480—600—720 kg/ha P₂O₅-adagok utóhatásait 8 éven át mértük. A kísérleti elrendezés lehetővé tette, hogy a „nagy” P-adagok utóhatásain kívül a 2 évenként adott „kis” 0—40—80—120 kg/ha P₂O₅-adagok terméshingelő hatásait is vizsgálhassuk.

Főbb eredményeinket az alábbiakban foglalhatjuk össze:

1. A talajba vitt műtrágya-P talajvizsgálatokkal jól nyomon követhető. Az egyensúly beálltát követően a kísérlet 4. éve után, átlagosan mintegy 100 kg/ha körüli műtrágya-P volt szükséges ahhoz, hogy e talaj szántott rétegének AL-P-tartalma 10 ppm értékkel emelkedjék.

2. A hazai szaktanácsadásban az e talajra elfogadott talajvizsgálati P-ellátottsági határértékek kísérletünkben igazolást, ill. megerősítést nyertek. Ahhoz, hogy az ellátottsági tartományt egy kategóriával javítsuk, megközelítően összesen 500 kg/ha P₂O₅ felhasználására van szükség, a termés P-igényén túlmenően.

3. Monokultúrában igen nagyok voltak az évenkénti terméshingadozások, különösen a foszforral gyengén ellátott talajon. A foszforral jól ellátott talajon a szemterméseknek mind az abszolút, mind a relatív szórása jelentősen lecsökkent. Még a kielégítő P-ellátottság sem tudta azonban ellensúlyozni a monokultúra hátrányát, a termések trendjét a csökkenés jellemezte, és az évenkénti termésátlagok szórása még itt is közel kétszeres volt az országoshoz viszonyítva. Kétségtelen azonban, hogy a P-műtrágyázás, ill. a talaj kielégítő P-ellátottsága a termésstabilitás fontos tényezője.

4. A csapadék és a hozamok összefüggéseit vizsgálva megállapítható volt, hogy mind a túl száraz, mind a túl nedves évek terméscsökkenéshez vezethetnek. Hasonlóképpen az országos termésátlagokhoz, a legkisebb őszi búza-hozamok a legszárazabb 1976. és 1979., valamint a legnedvesebb 1975. évhez kötődnek. Megfigyeléseink alátámasztják azon nézeteket, melyek szerint a túl nedves évek termés csökkentő hatása a kalászosok gombabetegségeinek erőteljesebb fellépésével függhet össze.

A P-utóhatásokat elemezve arra a következtetésre juthatunk, hogy amennyiben abbahagyjuk a P-műtrágyázást, P-ral gyengén ellátott talajon már az első évektől termés csökkenéssel számolhatunk. A közepesen ellátott talajon azonban még hasonló monokultúras viszonyok között is csak a 3—4., míg a jól ellátott talajon a 6—8. év után következhet be jelentősebb termésvesztés.

Irodalom

- [1] CSATHÓ P.: A foszforellátottság hatása az őszi búza terméshozamára monokultúrában. Búzanemesítési és -termesztési tudományos ifjúsági konferencia. Az előadások összefoglalói. 16—18. Mezőgazdasági Kutató Intézet. Martonvásár. 1983.
- [2] CSERHÁTI S. & KOSUTÁNY T.: A trágyázás alapelvei. Orsz. Gazd. Egyesület Könyvkiadó Vállalat. Budapest. 1887.
- [3] CSERNI I.: Kukorica és rozs foszforműtrágyázása lepelhomoktalajon. Kandidátusi értekezés tézisei. Kecskemét. 1982.
- [4] GYÖRFFY B.: Vetésforgó—vetésváltás—monokultúra. Agrártudományi Közl. **34.** 61—68. 1975.
- [5] KÁDÁR I.: A foszforműtrágyázás hatékonysága különböző foszforellátottságú talajon. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 141—147. NEVIKI-KAE. Veszprém. 1974.
- [6] KÁDÁR I.: Földművelésünk nitrogén-, foszfor- és káliummérlege. Agrokémia és Talajtan. **28.** 527—544. 1979.
- [7] KÁDÁR I.: Földművelésünk műtrágyaigényét befolyásoló néhány tényező. Növénytermelés. **31.** 269—280. 1982.
- [8] KÁDÁR I. & LÁSZTITY B.: A feltöltő foszfor- és káliumműtrágyázás lehetőségének vizsgálata néhány magyarországi talajon. Agrokémia és Talajtan. **28.** 123—142. 1979.
- [9] KÁDÁR I., SZEMES I. & LÁSZTITY B.: Az évhatás és a tápláltság összefüggése őszi rozs tartamkísérletben. Növénytermelés. **34.** 1984. (Megjelenés alatt)
- [10] Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM NAK. Budapest. 1979.
- [11] SARKADI J.: Az intenzív tápanyagellátás hatása a talaj termékenységre. In: Az intenzív műtrágyázás hatása a talaj termékenységre. Ankét. 5—35. MTA TAKI. Budapest. 1979.
- [12] SARKADI J. & KÁDÁR I.: The interaction between phosphorus fertilizer residues and fresh phosphate dressings in a chernozem soil. Agrokémia és Talajtan. **23.** Suppl. 93—100. 1974.
- [13] SARKADI J., KRÁMER M. & THAMM F.-NÉ: Kalcium- és ammóniumlaktátos talajkivonatok P-tartalmának meghatározása aszkorbinsav-ónkloridos módszerrel, melegítés nélkül. Agrokémia és Talajtan. **14.** 75—86. 1965.
- [14] THAMM F.-NÉ, KRÁMER M. & SARKADI J.: Növények és trágyaanyagok foszfortartalmának meghatározása ammónium-molibdo-vanadátos módszerrel. Agrokémia és Talajtan. **17.** 145—156. 1968.

Érkezett: 1984. január 24.

The Long-Term Effects of Superphosphate in Winter Wheat Monoculture

I. Effects on Soil-P and Grain Yield

I. KÁDÁR, P. CSATHÓ and J. SARKADI

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The long-term effects of superphosphate were studied in winter wheat monoculture on a chernozem soil with mycelia of lime between 1973—1980. The P and K supplies of the soil belonged to the "low" and "moderate" categories, respectively. Some of the relevant characteristics of the plowed layer of the experimental field are as follows: CaCO_3 : ~5%; humus: 3%; pH_{KCl} : 7.4; $\text{AL-P}_2\text{O}_5$: 60—80 ppm; $\text{AL-K}_2\text{O}$: 120—150 ppm; EDTA-Mn : 100—150 ppm; EDTA-Zn : 12 ppm; EDTA-Cu : 2—4 ppm. The net area of an experimental plot was $11 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 22 \text{ m}^2$. Each plot received uniform N and K doses corresponding to 200 kg N/ha and 100 kg K_2O /ha every year. The "reserve" P doses — varying between 0—720 kg P_2O_5 /ha — were applied in the fall of 1972, and in the following 8 years their residual effects were determined. The layout of the experiment made it possible to measure also the grain yield responses to different P rates (0, 40, 80 and 120 kg P_2O_5 /ha) applied every second year. It was found that:

1. Fertilizer-P applied to the soil could be easily detected by soil analysis. After the 4th year of the experiment (that is, after equilibrium set in), the application of about 100 kg/ha fertilizer-P raised the AL - (ammonium lactate)soluble P content of the plowed layer by 10 ppm.

2. To raise the P supply of the soil by one category (from "low" to "moderate", or from "moderate" to "good"), approximately 500 kg P_2O_5 /ha was required, in addition to the amount taken up by the crop.

3. The annual fluctuations in the yield were considerable in monoculture, especially on soils with a low P supply. P application increased yield stability, and on plots well-supplied with P both absolute and relative standard deviations decreased markedly.

4. Both too much and too little precipitation led to yield decrease. The unfavourable effect of too much precipitation may be due to the more frequent occurrence of mycosis.

5. If P application was discontinued on a soil with a low P supply, yield would decrease already in the first year. On soils with moderate or good P supply, yield decrease would occur only after 3—4 or 6—8 years, respectively, even under monocultural conditions.

Table 1. Treatment applied in the experiments, and the fertilization plan. (1) Reserve P application in the fall of 1972. (2) Level of fresh P application, P_2O_5 kg/ha. (3) Year (őszén: in the fall; tervezett: planned).

Table 2. Some relevant agrotechnical data of the experiment. (1) Sowing date (year, month, day). (2) Winter wheat variety. (3) Soil disinfection, plant protection. (4) Harvest date. Remark: Sprouting took 10—12 days on the average. After each harvest the stubble and straw were burnt.

Table 3. Monthly precipitation (mm) in the experimental area between 1972—1980. (1) Month. a) three-month-total; b) annual total. (2) Fifty-year-average.

Table 4. Changes in the easily soluble P contents of the plowed layers of the experimental plots. (1) P_2O_5 , kg/ha, applied in the fall of 1972. a) C.D. values at 5%; b) average. (2) AL-soluble P_2O_5 content (ppm) after harvest.

Table 5. The effect and residual effect of reserve P fertilization on the grain yield of winter wheat. For (1) see Table 4. (2) Average. A. Grain yield, t/ha. B. Percent grain yield.

Table 6. The grain yield of winter wheat as affected by fresh P applications. Effects and residual effects. (1) Year. a) average. (2) Fresh P_2O_5 , kg/ha. (3) C.D. values at 5%. (4) Average of the 40—120 kg/ha P_2O_5 doses. (5) Remark: effect in the 1st year, in the 2nd year, etc. A. Grain yield, t/ha. b) P_2O_5 rate applied in the fall of 1972. B. Percent grain yield.

Table 7. Yield fluctuation of winter wheat grown in monoculture as compared to the county and national averages between 1973—1980 and 1956—1980. (1) Characteristics of yield fluctuation. a) eight- and five-year averages, t/ha; b) standard deviation, t/ha; c) CV%; d) maximum yield/minimum yield ratio. (2) Eight-year-averages, between 1973—1980. (3) P supply of the soil in monoculture: (4) low; (5) moderate; (6) good. (7) County and (8) national averages. (9) National five-year-averages between 1956—1980. *Between 1951—1955: standard deviation: 0.24 t/ha; CV%: 16.3.

Fig. 1. Changes in the AL-soluble P_2O_5 content of the soil in the first eight years of the experiment. Horizontal axis: Year. Vertical axis: AL- P_2O_5 , ppm. a) 720 kg; b) 480 kg; c) 240 kg; d) 0 kg P_2O_5 /ha applied in the fall of 1972.

Fig. 2. Fluctuations in the grain yield of winter wheat between 1973—1980. Horizontal axis: Year. Vertical axis: Grain yield, t/ha. A. Average in Fejér county (a) and national average (b). B. On a chernozem soil with mycelia of lime (Nagyhörcsök). c) 720 kg/ha; d) 0 kg/ha P_2O_5 applied in the fall of 1972.

Untersuchung der Dauerwirkung von Superphosphat in Winterweizen-Monokulturen

I. Angaben der Bodenuntersuchung und Kornerträge

I. KÁDÁR, P. CSATHÓ und J. SARKADI

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Zusammenfassung

In den Jahren 1973—1980 wurde in 8-jähriger Winterweizen-Monokultur die Dauerwirkung des Superphosphats auf einem Tschernosemboden mit Kalkhüllen untersucht. Der Boden des Versuchsgebietes war mit P nur schwach, mit K aber mittelmäßig versorgt. Die wichtigsten Kennwerte der Ackerkrume sind folgende: $CaCO_3$: ~5%; Humus: 3%; pH_{KCl} : 7.4; AL- P_2O_5 : 60—80 ppm; AL- K_2O : 120—150 ppm; EDTA-Mn: 100—150 ppm; EDTA-Zn: 12 ppm; EDTA-Cu: 2—4 ppm. Die Nettofläche der Versuchspartzen betrug 22 m² (11 m × 2 m). Während des Versuches wurden jährlich einheitlich 200 kg/ha N und 100 kg/ha K_2O gegeben. Phosphor wurde im Herbst 1972 zwischen 0 und 720 kg P_2O_5 /ha ausgebracht (s. Tab. 1. (1)). In den folgenden Jahren wurde die Nachwirkung dieser grossen P-Gaben beobachtet. Die Anordnung des Versuches ermöglichte aber auch die Bestimmung der ertragssteigernden Wirkung der in jedem 2. Jahr gegebenen „kleinen“ (0—40—80—120 kg P_2O_5 /ha) Gaben. Die Resultate fassen wir folgendermassen zusammen:

1. Die Menge des in den Boden eingebrachten P-Düngers konnte durch Bodenuntersuchungen gut verfolgt werden. Um den mit der AL-Methode festgestellten P-Gehalt der Ackerkrume um 10 ppm zu erhöhen, wurden nach dem 4. Versuchsjahr (nachdem sich das Gleichgewicht eingestellt hatte) 100 kg P_2O_5 /ha benötigt.

2. Um den mit P schwach versorgten Boden auf ein mittleres, bzw. den mit P mittelmässig versorgten Boden auf ein gut versorgtes Niveau zu heben waren annähernd 500 kg P_2O_5 /ha notwendig, die durch den Ertrag aufgenommene P-Menge nicht eingerechnet.

3. Die jährlichen Ertragsschwankungen waren in der Monokultur sehr gross, besonders auf den mit P schwach versorgten Partzen. Die P-Düngung erhöhte die Stabilität des Ertrages, auf mit P gut versorgtem Boden senkte sich die absolute und relative Streuung bedeutend.

4. Sowohl die zu trockenen, wie auch die zu feuchten Jahre können eine Ertragssenkung zur Folge haben. Die ungünstige Wirkung der zu feuchten Jahre kann auch mit dem stärkeren Auftreten von Pilzkrankheiten zusammenhängen.

5. Würde die P-Düngung eingestellt, müsste man im Falle von diesem, mit P schwach versorgten Versuchsboden schon von Beginn des Versuches an mit einem Ertragsrückgang rechnen. Auf einem mittelmässig versorgten Boden hingegen wird die Abnahme im Ertrag nur im 3.—4. Versuchsjahr, auf einem gut versorgten Boden aber nur nach 6—8 Jahren in Erscheinung treten.

Tab. 1. Düngungsvarianten bzw. Düngungsplan des Versuches. (1) Vorratsdüngung im Herbst 1972, kg P_2O_5 /ha. (2) Jährliche Düngung. (3) Jahr (őszén: im Herbst; tervezett: geplant).

Tab. 2. Agrotechnische Angaben des Versuches. (1) Zeitpunkt der Aussaat. (2) Weizensorte. (3) Bodendesinfektion, Pflanzenschutz. (4) Zeitpunkt der Ernte. Bemerkung: Die Keimungsperiode betrug 10—12 Tage. Nach der Ernte erfolgte jedes Jahr das Stoppen und Strohverbrennen.

Tab. 3. Niederschlagsverteilung auf der Versuchsfläche in den Jahren 1972—1980, mm. (1) Monat. a) Gesamtmenge von 3 Monaten; b) Gesamtmenge von 12 Monaten. (2) Mittelwert von 50 Jahren.

Tab. 4. Gestaltung des leichtlöslichen P-Gehaltes in der Ackerkrume der Versuchspartien. (1) kg P_2O_5 /ha, im Herbst 1972. a) $GD_{5\%}$; b) Mittelwert. (2) AL- P_2O_5 , ppm, nach der Ernte.

Tab. 5. Wirkung der Grund-P-Düngung auf den Kornertrag von Winterweizen. Nachwirkungen. (1) s. Tab. 4. (2) Mittelwert. A. Kornertrag, t/ha. B. Kornertrag in Prozenten.

Tab. 6. Wirkung der frischen P-Düngung auf den Kornertrag des Winterweizens. Wirkungen und Nachwirkungen. (1) Jahr. a) Mittelwert. (2) Frische P-Düngung, kg P_2O_5 /ha. (3) $GD_{5\%}$. (4) Mittelwert der 40—120 kg/ha Düngergaben. (5) Bemerkung: Wirkung im 1. Jahr, usw. A. Kornertrag, t/ha. Die im Herbst 1972 ausgebrachte P_2O_5 -Menge. B. Kornertrag in Prozenten.

Tab. 7. Ertragsschwankungen des Winterweizens in Monokultur, verglichen mit den Mittelwerten der Jahre 1973—1980, bzw. 1956—1980 der Komitate sowie des ganzen Landes. (1) Kennwerte der Ertragsschwankung. a) Mittelwert von 8, bzw. 5 Jahren, t/ha; b) Streuung, t/ha; c) Streuung in Prozenten der Mittelwerte; d) Quotient des maximalen und minimalen Ertrages. (2) Zwischen den Jahren 1973—1980, Mittelwerte von 8 Jahren. (3) P-Versorgungsgrad des Bodens in Monokultur: (4) schwach, (5) mittelmässig, (6) gut. (7) Mittelwert der Komitate. (8) Mittelwert des Landes. (9) Zwischen den Jahren 1956 und 1980, Landesmittelwerte von 5 Jahren. * zwischen 1951—1955: Streuung: 0,24 t/ha; CV%: 16,3.

Abb. 1. Gestaltung des AL- P_2O_5 -Gehaltes im Boden während der ersten 8 Versuchsjahre. Abscisse: Jahr. Ordinate: AL- P_2O_5 , ppm. a) 720 kg, b) 480 kg, c) 240 kg, d) 0 kg P_2O_5 /ha im Herbst 1972.

Abb. 2. Kornertrag des Winterweizens in den Jahren 1973—1980. Abscisse: Jahr. Ordinate: Kornertrag, t/ha. A. Mittelwerte des Komitates Fejér (a), sowie Landesmittelwerte (b). B. Auf einem Tschernosemboden mit Kalkhüllen (Nagyhörösök). c) 720 kg/ha, d) 0 kg/ha P_2O_5 im Herbst 1972.

Изучение влияния последствий суперфосфата в монокультуре озимой пшеницы.

I. Результаты почвенных анализов и урожая зерна

И. КАДАР, П. ЧАТО и Я. ШАРКАДИ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

На мицелярном черноземе, в период между 1973—1980 гг. изучили влияние последствий суперфосфата в восьмилетней монокультуре озимой пшеницы. Указанная почва была слабо обеспечена фосфором и средне обеспечена калием. Основные свойства верхнего горизонта изученных почв: CaCO_3 : 5%; гумус: 3%; pH_{KCl} : 7,4; $\text{AL-P}_2\text{O}_5$: 60—80 ппм; $\text{AL-K}_2\text{O}$: 120—150 ппм; EDTA-Mn: 100—150 ппм; EDTA-Zn: 12 ппм; EDTA-Cu: 2—4 ппм; размер опытных делянок: $11 \times 2 = 22 \text{ м}^2$. В опыте в целом ежегодно вносили 200 кг/га азота и 100 кг/га калия. Внесение фосфорных минеральных удобрений провели осенью 1972 года, в дозах между 0 и 720 кг/га P_2O_5 , в последующие годы наблюдали последствия P. Расположение опыта позволило проследить и влияние на повышение урожаев доз P_2O_5 0—40—80—120 кг/га, вносимых через каждые два года. Полученные результаты можно обобщить следующим образом:

1. Внесенные в почву фосфорные минеральные удобрения хорошо прослеживались почвенными анализами. Для увеличения в пахотном слое содержания $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ на 10 ппм, требовалось внесение 100 кг/га фосфора, в четвертом году опыта (после наступления равновесия).

2. Для того, чтобы из слабо обеспеченной фосфором почва перешла в разряд средне обеспеченных, или из средне обеспеченной в разряд хорошо обеспеченных требовалось внести приблизительно 500 кг/га P_2O_5 сверх количества этого элемента, вынесенного урожаем.

3. В монокультуре отмечались довольно значительные колебания между урожаями в различные годы, особенно на почвах слабо обеспеченных фосфором. Внесение фосфорных минеральных удобрений стабилизировало урожай, на почве хорошо обеспеченной фосфором абсолютное и относительное рассеивание урожайных данных значительно снизилось.

4. Как засушливые, так и слишком влажные годы вели к снижению урожаев. Выпады урожаев во влажные годы можно связать с проявлением грибных заболеваний.

5. При прекращении внесения фосфорных минеральных удобрений, на почвах слабо обеспеченных фосфором уже после первого года можно считать со снижением урожаев. На почвах средне обеспеченных фосфором такое снижение урожаев наблюдалось на 3 или 4 год, на почвах хорошо обеспеченных фосфором — на 6—8 год.

Табл. 1. Используемые в опыте варианты, или план внесения минеральных удобрений. (1) Мелиоративное внесение фосфорных минеральных удобрений (зафосфачивание) осенью 1972 года, P_2O_5 , кг/га. (2) Поддерживаемый уровень или уровень свежевнесенных удобрений. (3) Год (őszén: осенью; tervezett: планируется).

Табл. 2. Основные агротехнические показатели опыта. (1) Время посева. (2) Сорт. (3) Дезинфекция почвы, защита растений. (4) Время уборки. Примечание: Время прорастания в среднем составляло 10—12 дней. Ежегодно после уборки проводили сжигание стерни и соломы.

Табл. 3. Распределение атмосферных осадков на опытном поле в период между 1972—1980 гг., мм. (1) Месяц. а) Общее количество осадков за три месяца; б) Общее количество осадков за 12 месяцев. (2) Среднее количество осадков за 50 лет.

Табл. 4. Изменение содержания легкорастворимого фосфора в пахотном слое почв опытных делянок. (1) P_2O_5 , кг/га, осенью 1972 г. а) $CHP_{5\%}$; б) среднее. (2) $AL-P_2O_5$, ppm после уборки урожая.

Табл. 5. Влияние основного внесения фосфорных минеральных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы. Последствия. (1) смотри в таблице 4. (2) Средне. А. Урожай зерна, т/га. В. Процентный урожай зерна.

Табл. 6. Влияние нового внесения фосфорных минеральных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы. Действие и последствие (1) Год. а) среднее. (2) Новое внесение P_2O_5 , кг/га. (3) $CHP_{5\%}$. (4) Среднее 40—120. (5) Примечание: влияние после первого года и т. д. А. Урожай зерна, т/га. б) Количество фосфорных удобрений, внесенных осенью 1972 г. В. Урожай зерна в процентах.

Табл. 7. Колебания урожаев зерна озимой пшеницы при сравнении со средними урожаями, полученными в области и в стране в 1973—1980 гг. или в 1956—1980 гг. (1) Показатели колебания урожаев. а) Средние за 8 лет, т/га; б) рассеивание, т/га; в) рассеивание в% от среднего; д) соотношение максимального/минимального урожаев. (2) Средние урожаи за 8 лет, между 1973—1980 гг. (3) Обеспеченность почв фосфором в монокультуре: (4) слабая, (5) средняя, (6) удовлетворительная. (7) Среднее по области и (8) по стране. (9) Среднее за пять лет по стране, между 1956—1980 гг. * между 1951—1955 гг.; рассеивание: 0.24 т/га. CV: 16,3.

Рис. 1. Изменение содержания $AL-P_2O_5$ в почве за первые 8 лет опыта. По горизонтальной оси: год. По вертикальной оси: $AL-P_2O_5$ ppm. а) 720 кг; б) 480 кг; в) 240 кг; д) 0 кг P_2O_5 на га осенью 1972 г.

Рис. 2. Формирование урожая зерна озимой пшеницы в период 1973—1980 гг. По горизонтальной оси: год. По вертикальной оси: урожай зерна, т/га. А. В среднем от урожаев (а) по области (б) по стране. В. Мицелярный чернозем (Надхёрчёк). с) 720 кг/га, д) 0 кг/га P_2O_5 осенью 1972 года.